

# PERENCANAAN *FRONT BUMPER* DAN *REAR DIFFUSER* UNTUK MEREDUKSI *COEFFICIENT OF DRAG*

Michael Susanto

Jurusan Teknik Mesin Program Otomotif Universitas Kristen Petra

Jalan. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Indonesia

Phone: 0062-31-8439040, Fax: 0062-31-8417658

Email: mingz.liank@gmail.com

## ABSTRAK

*Bahan bakar minyak yang harganya mengalami peningkatan menjadi permasalahan global dewasa ini. Hal ini juga akan mempengaruhi industri otomotif di dunia. Oleh karena itu, produsen mobil diharapkan bisa menciptakan kendaraan yang memiliki efisiensi tinggi. Salah satu caranya adalah dengan memperbaiki karakteristik aerodinamika pada kendaraan tersebut. Pada percobaan ini akan dilihat bagaimana modifikasi front bumper dan rear diffuser jika ditambahkan pada bodi miniatur Toyota Yaris.*

*Metode penelitian yang dilakukan hanya eksperimen saja melalui pengujian drag dan pola aliran dengan menggunakan wind tunnel dan oil visualization. Pengujian dilakukan dengan beberapa variabel kecepatan antara 17 m/s – 32 m/s dengan Reynolds number antara  $2,2 \times 10^5$  –  $4,7 \times 10^5$ . Hasil dari percobaan menunjukkan bahwa penambahan front bumper dan rear diffuser dapat mengurangi hambatan aliran yang berupa drag sebesar 4% dengan nilai 0,279 dibandingkan dengan kondisi standar yang bernilai 0,287. Salah satu permasalahan pada modifikasi ini adalah biaya yang dikeluarkan cukup besar.*

*Kata Kunci: Efisiensi, karakteristik aerodinamika, coefficient of drag, front bumper, rear diffuser*

## PENDAHULUAN

Penggunaan mobil di Indonesia semakin hari mengalami peningkatan yang pesat. Berdasarkan detikOto, penjualan mobil di Indonesia pada akhir tahun 2012 mencapai angka 1.116.230 unit. Diperkirakan pada tahun 2013, penjualan mobil di Indonesia masih akan mengalami kenaikan hingga 1.200.000 unit. Peningkatan penggunaan mobil di Indonesia dari tahun ke tahun, kebutuhan penggunaan BBM juga akan mengalami peningkatan.

Bersamaan dengan berita tersebut, muncul pula permasalahan global tentang harga minyak mentah yang mengalami kenaikan. Dengan munculnya isu demikian, harga BBM juga akan ikut melambung tinggi. Peningkatan harga bahan bakar ini akan berpengaruh besar terhadap dunia industri terutama industri otomotif. Oleh karena itu, produsen mobil diharapkan dapat memproduksi kendaraan yang memiliki efisiensi tinggi. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi kendaraan adalah dengan memperbaiki karakteristik aerodinamika kendaraan tersebut.

*Drag force* atau gaya tahanan aerodinamika adalah gaya yang menghambat pergerakan sebuah kendaraan melalui fluida (cairan atau gas). Bentuk gaya hambat yang paling umum tersusun dari sejumlah gaya gesek, yang bekerja sejajar dengan permukaan benda, dan gaya tekanan, yang bekerja dalam arah tegak lurus dengan permukaan benda. Gaya yang

bekerja berlawanan dengan arah gerak dari kendaraan dan besarnya nilai gaya berpengaruh terhadap tingkat efisiensi pada suatu kendaraan. Sesuai dengan pernyataan di atas, dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai koefisien *drag* ( $C_D$ ) dari sebuah kendaraan, hambatan aliran yang terjadi di sekitar bodi kendaraan juga semakin besar. Besarnya hambatan ini akan berpengaruh pula terhadap efisiensi bahan bakar dari sebuah kendaraan. Oleh karena itu, suatu desain dari sebuah kendaraan akan berpengaruh besar terhadap nilai koefisien *drag* ( $C_D$ ) dari sebuah kendaraan.

Dengan perkembangan ilmu pengetahuan yang semakin pesat ini, maka sangat dimungkinkan untuk memperbaiki karakteristik aerodinamika dari sebuah kendaraan, khususnya mobil yang memiliki nilai *coefficient of drag* yang kecil demi meningkatkan efisiensi bahan bakar.

*Coefficient of drag* merupakan salah satu hal yang berpengaruh terhadap efisiensi bahan bakar namun tidak terlalu signifikan. Semakin besar *coefficient of drag* dari kendaraan, hambatan gaya *drag* pasti juga akan semakin besar. Besarnya gaya *drag* ini membuat beban kendaraan semakin berat dan konsumsi bahan bakar pun juga ikut akan naik sehingga membuat kendaraan menjadi boros. Selain itu, *coefficient of drag* juga akan membuat kestabilan kendaraan terganggu. Sehingga modifikasi kendaraan merupakan salah satu cara untuk memperbaiki nilai *coefficient of drag*.

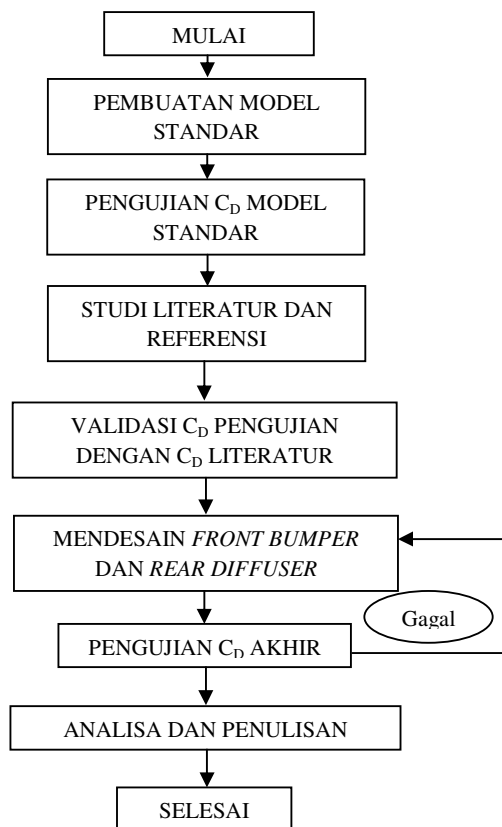
*Front bumper* dan *rear diffuser* sendiri berfungsi untuk mereduksi nilai *coefficient of drag* dari sebuah kendaraan. Proses pengujian akan dilakukan melalui

dua tahap yaitu *wind tunnel* dan *oil visualization* dengan skala benda uji 1:16. *Wind tunnel* berfungsi untuk mencari nilai *coefficient of drag*. Sedangkan *oil visualization* adalah untuk mengetahui pola aliran di sekitar permukaan bodi kendaraan uji. Sebelum pengujian drag dilakukan, diperlukan nilai *coefficient of drag* pada bodi standar 1:16 terlebih dahulu berdasarkan informasi dan studi literatur. Studi literatur bertujuan untuk mengetahui nilai *coefficient of drag* pada kendaraan aslinya (1:1) berdasarkan buku ataupun internet. Dalam hal ini, data *coefficient of drag* Toyota Yaris standar (1:1) diketahui dari *website*, ([http://www.imperialtoyota.co.za/model/yaris\\_hatch/passenger](http://www.imperialtoyota.co.za/model/yaris_hatch/passenger)) yang kemudian dibandingkan dengan nilai *coefficient of drag* Toyota Yaris standar 1:16 untuk validasi data.

Dari data tersebut dapat ditentukan gambaran desain *front bumper* dan *rear diffuser* yang sesuai untuk Toyota Yaris standar 1:16.

## METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang akan dilakukan pada perencanaan ini akan dijelaskan melalui *flow chart* di bawah ini:



Gambar 1. Flowchart metodologi penelitian

Pembuatan model standar diawali dari desain yang didapatkan dari *website*, [www.humster3d.com](http://www.humster3d.com).

Desain diperbaiki dan kemudian diprint melalui *3D-printer*.



Gambar 2. Bodi Yaris Hasil 3D-Print

Bodi yang telah jadi didempul dan dicat hitam untuk proses lebih lanjut.

Proses yang selanjutnya dilakukan adalah pengukuran koefisien drag awal melalui *wind tunnel* dengan parameter:

- Tipe : Open Circuit, Subsonic Wind Tunnel
- Kecepatan udara : 30 m/sec
- Daya Motor : 5500 W
- Daya Listrik : 380 V/Three phase/50 Hz
- Testing Section Area : 0,24986 m<sup>2</sup>
- Lift Balance (max) : 60 N
- Drag Balance (max) : 60 N
- Side Balance (max) : 60 N

Sebelum melakukan pengujian koefisien drag awal, dilakukan *oil visualization* terlebih dahulu untuk melihat pola aliran pada miniatur. Prosedur yang dilakukan meliputi:

1. Pembuatan bahan uji campuran meliputi: titanium powder, minyak goreng nabati, dan minyak tanah dengan perbandingan 1:5:5.
2. Mengoleskan campuran pada permukaan bodi miniatur.
3. Menyalakan *wind tunnel* dengan putaran inverter sebesar 1000 rpm selama 15 menit.

Prosedur pengujian yang pertama adalah pengukuran kecepatan *wind tunnel*, yaitu:

1. Menutup seluruh *test section area* sehingga kedap udara.
2. Memasukan selang yang saling berhubungan pada 4 (empat) titik lubang pengukuran tekanan *wind tunnel*.
3. Menghubungkan selang terakhir pada manometer manual.
4. Menyalakan *wind tunnel* dengan kecepatan putaran yang berbeda-beda.



Gambar 3. Wind Tunnel

Prosedur pengujian kedua adalah pengukuran *drag* pada model uji, yaitu:

1. Model uji dipasangkan pada *wind tunnel balance*. Setelah itu, model tersebut diletakkan pada *test section area* dalam *wind tunnel*.
2. Menutup semua lubang pada *wind tunnel* sehingga kedap udara.
3. Mengatur *wind tunnel balance* dengan timbangan dan peletakkan posisi miniatur.
4. *Wind tunnel* dinyalakan dengan beberapa tingkat kecepatan dengan pengaturan putaran pada *inverter*.
5. Memperoleh hasil nilai pengujian berat *drag* pada timbangan ukur.



Gambar 4. Pengujian *Drag* Bodi Miniatur

Sebelumnya, untuk mengetahui massa jenis bensin yang digunakan untuk pengukuran manometer manual, prosedur yang digunakan adalah:

1. Mengukur berat picnometer pada timbangan.
2. Memasukkan bensin dalam botol picnometer sampai penuh.
3. Menutup botol picnometer (tutup botol picnometer memiliki lubang kecil yang berfungsi sebagai jalan keluar untuk bensin jika terlalu penuh).
4. Mengeringkan bagian luar botol picnometer.
5. Menimbang total massa bensin dan picnometer.
6. Mengukur massa jenis bensin.



Gambar 5. Piknometer

Tabel 1. Hasil Pengukuran Massa Jenis Bensins

Percobaan	$\Delta$ massa	Massa Bensin	$\rho$ bensin (gr/ml)	$\rho$ bensin ( $\text{kg/m}^3$ )
1	44,4	18,5	0,74	740
2	44,4	18,5	0,74	740
3	44,5	18,6	0,744	744
4	44,5	18,6	0,744	744
5	44,5	18,6	0,744	744
$\rho$ bensin ( $\text{kg/m}^3$ )				742,4

Untuk melakukan pengukuran *drag*, diperlukan nilai dari kecepatan dan tekanan dalam *wind tunnel*. Hasil pengukuran kecepatan dan tekanan yang didapatkan adalah:

Tabel 2. Hasil Rata-Rata Pengukuran Tekanan dan Kecepatan *Wind Tunnel*

Percobaan Rata-Rata						
RPM	$\Delta I$	$p$ (pa)	$v$ (m/s)	$p$ digital (kPa)	$p$ manual (kPa)	Error
800	0,046	174,7464033	17	0,18	0,17	0,7174%
900	0,058	219,1862214	20	0,22	0,22	1,2837%
1000	0,071	266,6389085	22	0,27	0,27	0,5105%
1100	0,086	322,3769854	24	0,33	0,32	1,1238%
1200	0,103	387,1536694	26	0,39	0,39	1,2518%
1300	0,119	448,9174843	28	0,45	0,45	1,1322%
1400	0,138	518,2134719	30	0,52	0,52	0,4271%
1500	0,158	593,5351974	32	0,60	0,59	0,7522%
$\Delta$ error						0,8998%

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil modifikasi yang dilakukan adalah sebagai berikut:



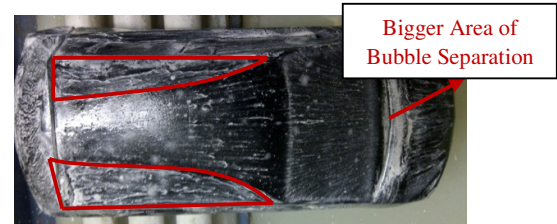
**Gambar 6. Hasil Modifikasi Front Bumper Dan Rear Diffuser**

Desain geometri pada modifikasi *front bumper* mengikuti bentuk (*contour*) dari *bumper* awal miniatur bagian depan bawah dengan lebar sama dengan lebar miniatur awal dan tinggi *bumper* sebesar 8 mm yang diharapkan mampu memperhalus aliran yang melewati bagian depan kendaraan. Sedangkan geometri *rear diffuser* memiliki, panjang 4,23 cm, lebar 3,7 cm, dan tinggi 0,75 cm yang diharapkan mampu memperhalus aliran melewati bagian bawah (*underbody flow*) kendaraan.

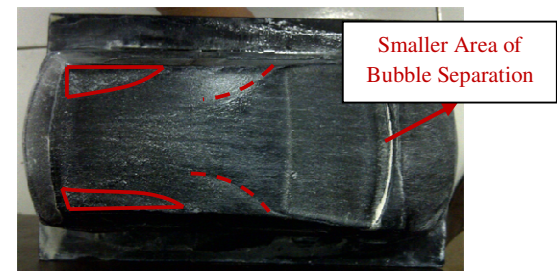
Sedangkan pengujian dari *oil visualization* dilakukan dengan kecepatan 30 m/s selama 15 menit. Hasil *oil visualization* terdiri dari dua tampak, yaitu tampak atas dan bawah.

Untuk hasil tampak atas dapat dilihat adanya perbedaan *roof vortex* yang berbeda luasan areanya. Sebelum dimodifikasi menggunakan *front bumper*, *roof vortex* bagian atas bodi uji cukup besar (gambar 7) dibandingkan setelah dimodifikasi (gambar 8). Selain itu, pada bagian *engine hood* terjadi fenomena yang dinamakan *bubble separation*, dimana aliran

mengalami separasi yang kemudian mendapatkan energi dari *free stream* sehingga aliran yang terseparasi mampu menempel (*reattachment*) kembali pada bodi. Separasi *bubble* pada bodi yang belum dimodifikasi (gambar 7) cukup besar jika dibandingkan setelah modifikasi (gambar 8).



**Gambar 7. Oil visualization bodi standar tampak atas**

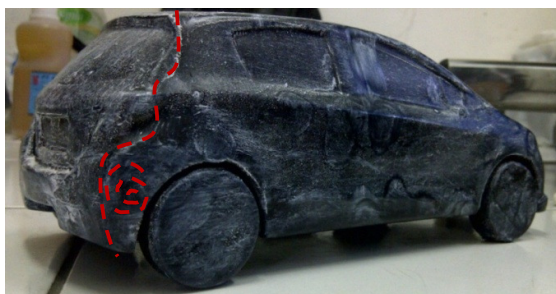


**Gambar 8. Oil visualization bodi modifikasi tampak atas**

Sedangkan untuk mereduksi drag pada bagian belakang bodi diperlukan adanya *rear diffuser* yang dapat mengarahkan aliran pada bagian belakang bawah kendaraan sehingga *vortex* yang menyebabkan drag pada bagian belakang bodi tereduksi. Gambar 9 menjelaskan kondisi aliran pada bagian belakang bodi, dimana bagian yang dilingkari merah merupakan efek dari *vortex* pada bagian belakang bodi sehingga berakibat berkumpulnya campuran uji akibat *vortex* tersebut. Sedangkan setelah dimodifikasi *rear diffuser* (terlihat pada gambar 10), pola aliran pada bagian belakang bodi mengalami perbedaan. Bagian yang terblok pada gambar 10 lebih halus jika dibandingkan dengan gambar 9 sehingga dapat disimpulkan bahwa *rear diffuser* memberikan dampak untuk mereduksi drag pada bagian belakang bodi.



**Gambar 9. Oil visualization bodi standar tampak belakang**



**Gambar 10. Oil visualization** bodi modifikasi tampak belakang

Setelah melakukan visualisasi pada bodi standar dan miniatur, tahap yang dilakukan berikutnya adalah perhitungan gaya dan koefisien drag bodi, baik standar maupun modifikasi dengan tujuan nilai koefisien drag pada bodi yang telah dimodifikasi berkurang sesuai

target jika dibandingkan dengan bodi standarnya. Tetapi sebelumnya, diperlukan validasi data bodi miniatur Yaris 1:16 dengan 1:1. Hasil pengujian disajikan pada tabel .

**Tabel 3. Perbedaan Koefisien Drag Mobil Toyota Yaris Standar 1:16 dengan 1:1**

Koefisien Drag Bodi			
v(m/s)	Bodi Standar 1:16	Bodi Standar 1:1	Error
17	0,260	0,287	3%
20	0,269		
22	0,285		
24	0,272		
26	0,284		
28	0,284		
30	0,290		
32	0,284		
Rata-Rata	0,279		

Terlihat bahwa nilai koefisien drag miniatur standar 1:16 berbeda dengan koefisien drag pada mobil aslinya 1:1, dimana nilai koefisien drag rata-rata miniatur 1:16 sebesar 0,279 dan pada mobil aslinya 1:1 sebesar 0,287. Jika dibandingkan untuk validasi koefisien drag, nilai koefisien drag tersebut mempunyai *error* sebesar 3%.

Perbedaan tersebut dapat diakibatkan dari beberapa faktor, salah satunya adalah *underbody flow*. Pada mobil yang asli (1:1) aliran pada bagian bawah kendaraan mengalami banyak hambatan yang diakibatkan dari part-part bagian bawah kendaraan.

Sedangkan pada mobil miniatur (1:16), bagian *underbody* dibuat datar dan halus sehingga aliran pada bagian bawah miniatur lebih lancar dibandingkan dengan mobil aslinya (1:1).

Faktor lain juga dapat diakibatkan dari kondisi *wind tunnel balance* yang kondisinya tidak terlalu baik untuk pengukuran, terutama pada *linier bearing* yang berfungsi sebagai pengukur nilai koefisien lift dari model miniatur, sudah terkorosi sehingga lift tidak dapat terukur dengan baik.

Kemudian dari hasil validasi, nilai penurunan drag dapat dilihat melalui tabel 4.

**Tabel 4. Perbandingan Nilai Koefisien Drag Bodi Standar dan Modifikasi**

v(m/s)	Koefisien Drag		
	Modifikasi	Standar	% Penurunan Drag
17	0.251	0.260	3%
20	0.259	0.269	4%
22	0.270	0.285	5%
24	0.262	0.272	4%
26	0.272	0.284	4%
28	0.273	0.284	4%
30	0.276	0.290	5%
32	0.271	0.284	5%
Rata-rata	0.267	0.279	4%



## KESIMPULAN

Dari seluruh pengujian yang dilakukan (uji koefisien drag dan *oil visualization*), dapat disimpulkan bahwa pengaplikasian *front bumper* dan *rear diffuser* layak untuk digunakan pada bodi kendaraan. Untuk mengurangi koefisien drag dari bodi, beberapa perubahan perlu dilakukan.

Berikut perubahan yang dilakukan dalam modifikasi *front bumper* dan *rear diffuser*, yaitu:

- Sudut yang digunakan pada *rear diffuser* yang digunakan adalah  $10^0$  dengan geometri panjang 17,84% dari total panjang, lebar 37% dari total lebar, dan tinggi sebesar 8,82% dari total tinggi dan diletakkan pada bagian belakang bawah bodi kendaraan
- Berdasarkan penelitian yang dilakukan Howell, pengaruh dari *rear diffuser* dengan rasio panjang diffuser dengan panjang total kendaraan sebesar 0,18 dengan sudut  $10^0$  mampu mereduksi drag sebesar 2%. Penggunaan *rear diffuser* dengan rasio yang diteliti Howell dilihat dari segi estetika dan tipe kendaraan yang dimodifikasi. Sedangkan pada penelitian ini, drag yang tereduksi sebesar 4%. Maka dapat disimpulkan bahwa modifikasi yang dilakukan dengan penambahan *rear diffuser* mampu mereduksi drag sebesar 2% dan *front bumper* sebesar 2%.
- Modifikasi pada kendaraan memerlukan biaya yang cukup besar. Namun di luar semua itu, modifikasi *front bumper* dan *rear diffuser* merupakan salah satu cara dalam mereduksi drag yang dapat berpengaruh pada penghematan konsumsi bahan bakar minyak yang menjadi permasalahan ekonomi vital dan kepentingan lingkungan hidup. (Barnard, R.H., *Road Vehicle Aerodynamic Design*, 2009, p. 50).

## DAFTAR PUSTAKA

1. "20 Model Mobil Terlaris. "DetikOto. 15 Januari 2013. Dadan Kuswaraharja. 18 September 2013. <<http://oto.detik.com/read/2013/01/15/081225/2142193/1207/20-model-mobil-terlaris-2012>>
2. "2013, Penjualan Mobil Bisa Tembus 1,2 Juta Unit. "Tempo. 17 Januari 2013. Eko Siswono Toyudho. 18 September 2013. <<http://www.tempo.co/read/news/2013/01/17/122455094/2013-Penjualan-Mobil-Bisa-Tembus-12-Juta-Unit>>
3. Sf, Dr. Herminarto., & Gunadi, Sf. (2004). *Perancangan Bodi Kendaraan*. Yogyakarta: Fakultas Teknik UNY.
4. "Boundary Layer. "Wikipedia, The Free Encyclopedia. 7 September 2013. Wikipedia Foundation. 18 September 2013. <[http://en.wikipedia.org/wiki/Boundary\\_layer](http://en.wikipedia.org/wiki/Boundary_layer)>
5. Katz, Joseph. (1995). *Designing For Speed*. USA: Bentley Publishers.
6. "Toyota Yaris. "Wikipedia, The Free Encyclopedia. 6 October 2013. Wikipedia Foundation. 18 September 2013. <[http://en.wikipedia.org/wiki/Toyota\\_Yaris](http://en.wikipedia.org/wiki/Toyota_Yaris)>
7. "Toyota Vitz. "Wikipedia, The Free Encyclopedia. 20 October 2013. Wikipedia Foundation. 18 September 2013. <[http://en.wikipedia.org/wiki/Toyota\\_Vitz](http://en.wikipedia.org/wiki/Toyota_Vitz)>
8. "Automobile Drag Coefficient. "Wikipedia, The Free Encyclopedia. 25 November 2013. Wikipedia Foundation. 18 September 2013. <[http://en.wikipedia.org/wiki/Automobile\\_drag\\_coefficients](http://en.wikipedia.org/wiki/Automobile_drag_coefficients)>
9. Hucho, Wolf-Heinrich. (1987). *Aerodynamics of Road Vehicles*. London : Butherworths.
10. Cengel, Yunus A., & Cimbala, John M. (2006). *Fluid Mechanics Fundamentals and Applications*. New York: McGraw-Hill.
11. Pope, Allan, & Harper, John. (1986). *Low Speed Wind Tunnel Testing*. New York: John Willey & Sons.
12. Barnard, R.H., (2009). *Road Vehicle Aerodynamic Design*. U.K: MechAero Publishing.
13. "Toyota Yaris Hatch. "Imperial Toyota Your Lifestyle Dealer. 14 Januari 2014. Imperial Toyota. 14 Januari 2014. <[http://www.imperialtoyota.co.za/model/yaris\\_hatch/passenger](http://www.imperialtoyota.co.za/model/yaris_hatch/passenger)>